Efeito Fotoelétrico: O estabelecimento da Dualidade Onda-Partícula para a luz

A observação do efeito fotoelétrico, antes chamado de efeito Hallwacks*, ocorreu pela primeira vez em 1887, quando Hertz realizava experimentos envolvendo a emissão e detecção de ondas eletromagnéticas. Seu experimento consistia em gerar ondas eletromagnéticas através da produção de descargas elétricas entre dois eletrodos metálicos e detectá-las em um par de eletrodos idêntico.

No ano de 1902, Philip Lenard publicou os resultados de seus experimentos sobre o efeito fotoelétrico, obtidos através de seus experimentos com tubos de raios catódicos*.
Na figura 1, pode-se ver o esquema de uma montagem experimental semelhante a utilizada por Lenard.
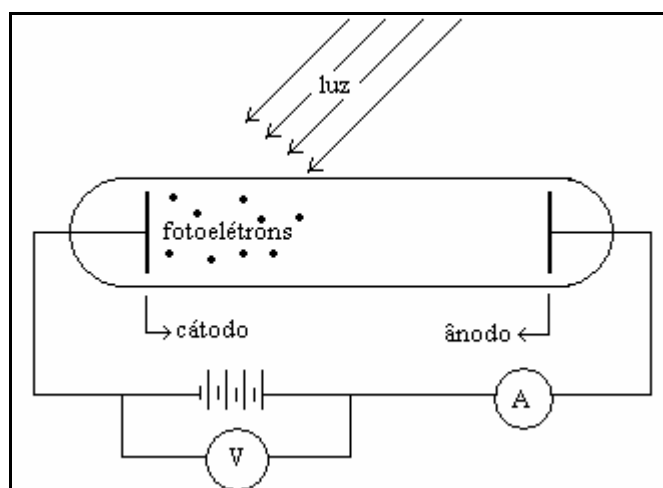
Figura 1- Aparato experimental para verificação do efeito fotoelétrico. Figura inspirada em: Textos de apoio ao professor de Física, n^0 14, 2003, UFRGS.

A partir da realização de experimentos onde se observava a ocorrência de efeito fotoelétrico, propôs-se uma explicação para o mesmo em função do comportamento ondulatório das radiações. A luz transporta energia e ao interagir com os elétrons do metal cede energia. Dessa forma, os elétrons do metal (fotoelétrons) eram arrancados originando uma corrente elétrica. No entanto, alguns aspectos chamavam a atenção neste experimento, contradizendo as explicações baseadas na física clássica.

1º) A emissão de fotoelétrons, a partir da incidência de luz, é instantânea (10^{-9} s);

2º) A energia cinética dos fotoelétrons não depende da intensidade da luz;

3º) Para cada material existe uma freqüência de corte, abaixo da qual não há emissão de fotoelétrons;

---

* Hallwacks foi discípulo de Hertz.
* Nesta época já se sabia que os raios catódicos eram formados por partículas com carga negativa.

4º) Para um mesmo material, o potencial de frenamento é o mesmo para qualquer intensidade, mas aumenta de modo proporcional à freqüência.

Para verificarmos em um experimento virtual estes pontos em desacordo com as teorias clássicas faremos a simulação computacional utilizando um applet java, no site <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>.

O aparato experimental representado na simulação consta de um conjunto de lâmpadas capazes de emitir luz em várias freqüências e placas de diversos metais, as quais serão iluminadas pelas lâmpadas. Com este aparato procura-se liberar elétrons de uma superfície metálica a partir da absorção da energia transportada pela radiação eletromagnética utilizada na iluminação. Nesta simulação também é possível medir a energia cinética dos fotoelétrons ejetados. Para isso aplica-se uma diferença de potencial (V) entre as placas, freando-se o movimento dos fotoelétrons. Existe um valor para a diferença de potencial (potencial de frenamento), a partir do qual a corrente é interrompida (potencial de corte).

A hipótese de Einstein para a explicação de efeito fotoelétrico se apoiou na idéia de quantização proposta por Planck. Segundo Einstein, a radiação é composta por *quanta* de energia hf , onde h é a constante de Planck e f é a freqüência da radiação. Quando um desses *quanta*, que são chamados fótons, penetra na superfície metálica, cede energia a um elétron do metal.

Pela hipótese de Einstein explicam-se as falhas de interpretação da teoria ondulatória clássica da seguinte forma:

1º) Os elétrons do metal obtém de uma só vez a energia que necessitam para serem arrancados, absorvendo completamente os fótons. Assim, se explica a ocorrência do efeito fotoelétrico tão logo a luz incida no metal;

2º) A energia cinética máxima ($K_{máx}$) dos elétrons ejetados é igual à energia do fóton absorvido (hf) menos uma energia necessária para vencer os campos eletrostáticos que prendem os elétrons ao metal (função trabalho = W):

$$K_{máx} = hf - W$$

3º) Se a radiação incidente não tem energia suficiente para arrancar os elétrons do metal, não ocorre efeito fotoelétrico, independente da intensidade luminosa incidente. Dessa forma, é necessário uma freqüência mínima para a radiação incidente arrancar elétrons.

4º) A corrente de saturação observada está relacionada com a intensidade da radiação incidente. Quanto mais intensa é a radiação, maior é o número de fótons incidentes por unidade de área por unidade de tempo. Assim, ocorre interação com um número maior de elétrons que são arrancados e logo se atinge uma corrente máxima.

Referências Bibliográficas

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma aula sobre efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na escola**, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.

RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do Ensino Médio. In: **Textos de apoio ao professor de Física**, n. 14, 71 p. - Instituto de Física/UFRGS. Porto Alegre, 2003.

Para se aprofundar um pouco mais consulte:

VALADARES, E.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.